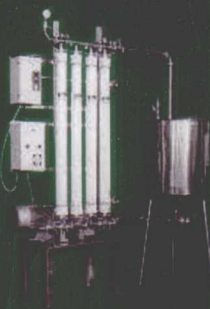


ZHONGYAO FENLI YUANLI YU JISHU



中药



分离原理与技术

南京中医药大学 郭立玮 编著



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE



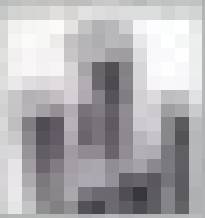
中药

· 1 ·

分离原理与技术

—— 中药分离原理与技术 ——

· 1 ·



中药 分离原理与技术

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

中药分离原理与技术/郭立玮编著. —北京:
人民卫生出版社, 2010. 4

ISBN 978-7-117-12334-1

I. 中… II. 郭… III. 中药化学成分-分离
IV. R284.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 207190 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中医师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

中药分离原理与技术

编 著: 郭立玮

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E-mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 北京人卫印刷厂(农业)

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 56.5

字 数: 1345 千字

版 次: 2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-12334-1/R·12335

定 价: 110.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

前言

中药由植物、动物和矿物等天然产物构成,不可避免地需要“去伪存真,去粗取精”,因而“分离”是中医药领域的共性关键技术。而由于中药(含复方,下同)化学组成及其多靶点作用机制的复杂性,致使“中药药效物质”基础研究成为科学前沿及中药现代化进程的重中之重,其关键问题是如何在中医药理论的指导下,构筑可体现中药整体治疗作用的“中药药效物质”分离技术平台。

我们多年来积极参与并密切注视着这一研究领域的发展演化,在追踪和总结有关中药药效物质分离研究方法和技术重要文献的基础上,于2000年编写了“中药分离原理与技术”讲稿,并于该年起在本校中药学及相关学科博士生课程中讲授。该讲稿主要参考国际分离科学界著名专家日本大矢晴彦教授与美国J. G. Giddings教授所提出的“平衡、速度差与反应”及“场-流”分离理论体系,依据待分离体系中组分的群体分子所表现出来的物理或化学性质的不同,将常见主要用于中药的分离方法大致分为下述三类:速度差分离过程、平衡分离过程与反应分离过程,较系统地介绍了应用现代科技手段研究中药药效物质分离问题的新方法、新技术、新成果,辅以典型实例分析,将现代分离科学理论与技术引入中药药剂学、中药化学、中药炮制与复方研究、中药生物技术等研究领域。目的是通过本课程的学习,领略现代分离科学前沿最新进展,学会从被分离组分在空间移动和再分布的宏观和微观变化角度及该过程中的热力学规律去认识中药药效物质分离的本质,熟悉在中药现代化进程中具有产业化前景的各种现代分离高新技术的基本原理、基本方法,了解其主要特点、应用范围,掌握其用于中药制备研究的设计思路及实验技能,为进一步开展中药分离领域的创新性研究奠定基础。

为了推动中医药现代化的进程,适应高层次中医药人才培养和中医药科研的需要,在人民卫生出版社的关心和支持下,作者在原讲稿的基础上,充实吸收了作者课题组近年来的科研新思路、新方法与研究成果,并广泛参考《分离的科学和技术》(大矢晴彦著)、《生物分离原理及技术》(欧阳平凯、胡永红编)、《现代分离科学理论导引》(耿信笃主编)、《吸附分离材料》(黄文强主编)、《中药药剂学》(张兆旺主编)、《膜科学技术》(朱长乐主编)、《生物制药设备和分离纯化技术》(李津、俞泳霆、董德祥主编)等专著中的有关章节,以及周俊、张伯礼、王永炎、罗国安、杨秀伟、刘昌孝、程翼宇、曹治权、罗佳波、王喜军、肖小河、贺福元、古宏晨、刘国杰等教授发表在《中国中西医结合杂志》、《中国天然药物》、《药学报》、《中草药》、《中成药》、《中国中药杂志》、《中药材》、《化学工程》、《中国药学杂志》、《世界科学技术-中医药现代化》等学术刊物上的有关论文,编著了《中药分离原理与技术》一书,以便与同行进行交流。

本书的特点是理论紧密联系实践,选材新颖,内容丰富,方便实用,基本上描述了中药药效物质分离研究领域的概貌。在编写中努力做到“加强基础、拓宽专业、扩大信息、启发思维、引导创新、提高能力”,注意吸收国内外同类研究的优秀成果,跟踪国内外最新科学研究方向,反映新知识、新经验、新方法、新体系。特别从注重理解和应用的角度出发,较系统地归纳了目前用于中药领域的分离原理与技术,辅以 100 多个典型实例,着重从技术适用性及优化设计等方面加以评述,以加强对技术原理和应用关键的理解,达到举一反三的目的。因而本书具有新颖性、系统性和实用性的特点,可供医药科研单位与药品、药械生产开发单位的技术人员作为科研参考书使用,也可供高等中医药院校中药学及相关专业研究生作为教材使用。

本书共分 16 章。其中第一章至第四章主要介绍现代分离科学的基本概念与中药分离原理构成要素。依据本书作者的理解,中药分离原理的内涵应包括两个方面,其一为基于中医药理论的中药分离原理,可称之为中药分离第一性原理;其二为基于现代分离科学的中药分离原理,可称之为中药分离第二性原理。中药分离第一性原理的要旨在于,在中医药理论的指导下,确认分离目标,选择技术路线,其内涵是如何从中药中筛选出有效成分,又如何将它们进行有效分离,其被分离产物能否代表中药的功用,能否在中医理论指导下,在临床取得原有汤剂应有的疗效并有所提高,这实质上就是中药分离所面临的科学问题。中药分离第二性原理则侧重于解决技术层次的问题,即如何使具有不同技术原理的分离手段与所研究中药体系的性质相互适应,从而选择合理的工艺技术,优化操作参数。根据上述分析,可认为中药分离原理应由以下三要素构成:中药分离目标的选择与确认;中药体系可用于分离的性质;中药分离过程工艺设计。本书在第二、三、四章中分别对上述中药分离原理构成要素作了叙述与讨论。

第五、第六章主要介绍场分离原理与技术及其在中药分离中的应用,包括建立在重力场与离心力场上的分离技术;醇沉工艺的技术特点、如何提高醇沉工艺的研究水平及醇沉工艺强化技术;沉降分离强化技术及其在中药领域的应用;电场分离原理及其均一场分离技术;有障碍物的非均一场分离、过滤机制、过滤装置及其连续操作的设计思路;利用筛效应的膜分离技术和利用凝胶层及平衡关系的膜分离技术;中药膜分离技术的工艺设计问题等。

第七章至第十三章主要介绍相平衡原理及其在中药分离中的应用,其中包括液固相平衡分离技术、液液相平衡分离技术、气固相平衡分离技术和气液相平衡分离技术等。很有趣的是,一些表面上毫无关系的分离技术,如结晶、大孔树脂吸附、高速逆流色谱、双水相萃取、冷冻干燥、超临界流体萃取、固相微萃取、泡沫分离等因为基于相平衡的技术原理而拥有相平衡家族的共同“血缘”。

第十四章介绍反应分离原理及其在中药分离中的应用,包括:反应分离的概念与反应分离原理;利用反应体的可逆反应分离技术,如化学萃取、离子交换色谱;生物反应分离技术,如酶解反应分离技术、免疫亲和反应分离技术以及利用微生物进行的分离技术。第十五章为中药分离过程的耦合与集成,包括膜耦合技术、超临界流体耦合技术、结晶耦合技术以及其他类型的耦合、联用技术,如喷雾冷冻与干燥的联用与耦合、分子印迹技术与分离膜及固相萃取法的耦合等。

为了适应中药复杂体系多学科研究的需要,专辟第十六章介绍计算机化学及其对中

药分离技术领域的适用性;阐述关于复杂系统理论和方法应用于中医药研究领域的思考;中药药效物质研究的计算机化学模式;基于计算机化学技术的中药陶瓷膜污染机制研究思路与方法;基于近红外光谱与化学计量学技术的中药提取过程在线终点判断技术与中药浓缩过程在线检测方法;基于文献数据库的中药特征与免疫效应关系数学模型;中药挥发性组分的化学结构表征及其保留时间的估计和预测等。

由于水平有限和时间仓促,难免有错误和疏漏之处,敬请专家和读者指正。同时由于中药药效物质确认与分离研究正处于蓬勃发展之中,新论点、新方法、新技术不断涌现,其中不乏值得探讨之处,但未在本书中提出讨论,将留在今后研究实践中逐步探索、解决。

本书的大量内容取材于南京中医药大学“中药复方分离工程”重点实验室近几年的研究成果。詹秀琴博士、朱华旭博士、潘林梅博士、付廷明博士、潘永兰博士、樊文玲博士、董洁博士、姚薇薇助理研究员、李玲娟副教授等及研究生黄山、陈丹丹、陈峰、林瑛、王晴、张裕强等为此付出了艰辛的努力。在本书的编写过程中,研究生李博、曹云台、沈洁、乐康及本科生陈敏、孙银中等先后放弃寒暑假休息,协助检索文献、处理图表、校对文字等,开展了大量卓有成效的工作,在此表示衷心的感谢!

特别感谢《分离的科学与技术》著者大矢晴彦教授与译者张瑾教授。9年前我刚读到这本书时,即被其提纲挈领、深入浅出的论述所折服,并萌发了将该著作的理论与技术体系引入中药分离领域的心愿。2007年我在访日期间曾想专程赴横滨国立大学拜访大矢晴彦先生,但多方联系未果,因此留下深深的遗憾。在本书出版之际,谨向大矢教授致以崇高的敬意。同时对本书撰写中所引用资料的作者们一并致以深切的谢意。

本书在编写中得到校内外许多专家的帮助和本校各级领导的大力支持,在此深表谢意。

本书的研究工作得到国家自然科学基金项目(30171161,30572374,30873449)、国家科技部“十五”科技攻关计划项目(2004BA721A42)、“十一五”科技支撑计划项目(2006BAI09B07-03,20060604-04)等支持,特此致谢!

郭立玮

2009年9月于南京中医药大学

目 录

第一章 现代分离科学与中药分离原理构成要素概述	1
第一节 现代分离科学的特点	1
一、分离科学与现代分离科学.....	1
二、现代分离科学的特点.....	1
三、现代分离科学研究的内容.....	4
四、中药分离科学发展动向与存在问题.....	7
第二节 中药分离科学的基本概念	9
一、中药分离的广义与狭义概念.....	9
二、中药分离技术中纯度的意义.....	9
三、分离程度的基本表示方式.....	13
第三节 分离的热力学分析	13
一、混合是熵增大的过程.....	13
二、分离——负熵的生成.....	15
三、分离所需要的理论耗能量.....	15
四、分离的热力学限制.....	17
第四节 现代分离方法分类学说简介	18
一、分离过程的概念性描述.....	18
二、可被分离利用的物性.....	18
三、分离方法的分类学说.....	19
第五节 关于“中药分离原理及其构成要素”的思考	25
一、为什么要讨论中药“分离”原理.....	25
二、中药分离原理的构成要素.....	26
三、中药分离研究面临的关键问题.....	26
四、关于“中药分离原理与技术”系统研究的展望.....	27
第二章 中药分离目标的选择与确定	30
第一节 中药药效物质的存在形式	30
一、如何去界定中药中的“药效物质”.....	30
二、药效物质的体外存在形态.....	31
三、药效物质的体内存在形态.....	34
四、中药有机成分与微量元素组成的配位化合物.....	36
五、代谢物组学对“药效物质”的认识——复方整体作用产生的内源性	

物质	41
第二节 中药分离目标的整体性原则	44
一、单体成分分离目标及其存在的问题	44
二、复方君、臣、佐、使药的协同作用	46
三、以有效组分配伍研制现代中药的理论与方法	54
第三节 中药复方分离的“化学成分与作用机制”原理	58
一、“天然组合化合库”与“多靶点作用原理”学说	58
二、建立在整合化学物质组学上的中药分离目标	59
第四节 体内过程提供的信息及其对药效物质确认的意义	63
一、基于体内过程的中药有效成分和有效效应物质的 5 类发现策略	63
二、中药提取物伴生物质的生物药剂学特性及其对药效物质分离的意义	65
第五节 中药水提液中药效物质的分子量区段特征及其“集群筛选”研究	71
一、中药水提液是药效物质的基本载体	71
二、中药水提液复杂体系的药效物质组成特征	72
三、中药水提液“最优分离”概念的提出	73
四、基于现代分离科学技术的中药水提液基础研究	74
第六节 基于复杂体系原理的中药复方药效物质“组合筛选”思路与方法	80
一、中药复方药效物质体系的基本特征与“组合化学”	80
二、获取中药药效物质的新思维	82
三、中药复方药效物质“组合筛选”主要研究方法	83
四、根据上述思路与方法所开展的部分实验研究	84
第三章 中药复杂体系可用于分离的性质	90
第一节 原始形态存在的中药可供分离的性质	90
一、原始形态存在的植物类中药可供分离的性质	90
二、原始形态存在的动物类中药可供分离的性质	95
三、原始形态存在的矿物类中药可供分离的性质	96
第二节 中药所含化学成分的物理、化学特征为主的可供分离的性质	96
一、常规的理化特征分离性质	96
二、中药大分子化合物中配位基团的配位性质	103
三、可用于中药分离的“分子识别”特征	104
四、化合物的“结构表征”性质及其在中药分离技术领域的应用	116
第三节 中药水提液体系可用于分离的性质	122
一、水与某些气体/液体可生成水合物的性质	123
二、中药水提液体系与分离过程相关的性质	125
第四节 以药理活性表达的生物学分离性质	135
一、天然药物的生物作用模式	136
二、利用单味中药的功用进行活性成分定向分离	136
三、源于单味或复方中药药理学效应的分离性质	139
四、基于药物靶体分子识别功能的分离性质	142

五、基因表达模型与中药活性物质筛选分离·····	151
第五节 基于生物药剂学原理的中药活性成分预测筛选系统·····	154
一、生物膜渗透性的体内外相关性与中药活性成分筛选·····	154
二、可用于中药有效成分分离的“药物体内吸收、分布”性质·····	157
第六节 源自于中医药理论的可用于药效物质分离的性质·····	161
一、中药药性理论与药效物质的分离·····	161
二、方剂配伍理论与中药复方药效物质的分离·····	169
第四章 中药分离过程工艺设计·····	179
第一节 分离在中药制剂生产过程中的地位·····	179
一、中药制剂生产的本质特征是分离·····	179
二、植物药是中药分离的主体·····	179
三、分离技术在中药制剂生产流程中的应用·····	180
第二节 中药分离工艺设计原则·····	181
一、中药分离工艺设计如何体现安全、有效·····	181
二、中药分离工艺设计如何体现稳定、均一·····	184
三、分离过程的一般经济原则与中药分离工艺的技术经济问题·····	189
四、中药分离工艺设计一般程序·····	194
第三节 中药制剂过程的分离工艺研究·····	196
一、提取工艺路线的设计研究·····	196
二、提取工艺优化设计方法的数学原理与应用·····	205
三、浓缩与干燥工艺是否存在“质的改变”·····	214
四、时间因素在提取、浓缩与干燥过程中的影响·····	220
第四节 中药提取收率问题·····	225
一、如何评估中药提取收率的合理性·····	225
二、中药料液化学组成分析——提取收率高低的物质基础探讨·····	225
三、控制“提取收率”的主要思路、方法·····	225
第五章 场分离原理与技术及其在中药分离中的应用·····	237
第一节 场分离原理·····	237
一、粒子在场驱动力作用下的阻力分析·····	237
二、场分离原理构成场分离技术的要素·····	239
第二节 沉降分离——建立在重力场与离心力场上的分离技术·····	240
一、重力场分离原理·····	240
二、离心力场分离技术·····	244
第三节 基于重力沉降原理的中药分离技术——醇沉工艺·····	250
一、醇沉工艺的技术特点·····	250
二、如何提高醇沉工艺的研究水平·····	251
三、醇沉工艺强化技术——离心沉降·····	253
四、中药醇沉装备的改进·····	256
第四节 沉降分离强化技术及其在中药研究中的应用·····	257

一、絮凝过程及絮凝剂沉降技术在中药液体制剂澄清中的应用·····	257
二、变溶液体系为固液混悬体系的技术·····	266
三、离心沉降分离技术在中药领域中的应用·····	271
第五节 电场分离原理及其均一场分离技术·····	272
一、电场分离原理·····	272
二、静电除尘技术——一种处理微小粒子的分离方法·····	274
三、电泳·····	275
第六节 有障碍物的非均一场分离·····	286
一、粒子在非均一空间的运动·····	286
二、利用重力的非均一场分离技术·····	288
三、过滤机制、过滤装置及其连续操作的设计思路·····	289
四、颗粒特性与中药固液分离特性与难点·····	295
第六章 膜分离——多种效应的非均一场分离技术及其在中药中的应用·····	298
第一节 膜科学与技术概述·····	298
一、两种主要的膜分离机制·····	298
二、分离膜的基本结构·····	298
三、膜分离装置和膜组件·····	299
第二节 利用筛效应的膜分离技术·····	299
一、有关分离膜的若干基本概念·····	300
二、微滤技术·····	301
三、超滤技术·····	307
第三节 利用凝胶层及平衡关系的膜分离技术·····	322
一、利用化学势梯度场的膜分离技术——反渗透、透析、气体膜分离·····	322
二、利用温度场的分离技术——膜蒸馏法·····	329
三、利用电位梯度场(电压)的分离技术——凝胶电泳、电渗析·····	334
第四节 膜分离技术在中药领域的应用·····	349
一、膜分离技术对中药体系的适应性·····	349
二、中药膜分离技术的工艺设计·····	354
三、中药膜污染及其防治手段·····	361
四、中药陶瓷膜分离技术膜污染防治研究·····	364
第七章 相平衡原理与液固相平衡分离技术及其在中药分离中的应用·····	367
第一节 相平衡原理与固体提取技术·····	367
一、相平衡条件·····	367
二、强化相平衡原理的技术手段·····	368
三、中药固体提取——液固相平衡分离技术之一·····	371
四、提取过程对药效物质的影响·····	375
第二节 中药复方成分提取动力学数学模型·····	381
一、中药浸提过程的动力学模型·····	382
二、浸提过程动力学模型的扩展——浸提温度与中药成分浸出浓度的数学	

模型·····	386
三、基于中药材细胞结构的提取动力学数学模型·····	388
四、基于“提取过程药-时曲线”拟合法的数学模型·····	394
第三节 浸提设备与逆流设计·····	400
一、浸提设备的一般性考虑与逆流设计思想·····	400
二、动态罐组式逆流提取技术在中药生产中的应用·····	400
第四节 晶析——液固相平衡分离技术之二·····	409
一、晶析原理·····	409
二、影响晶析过程的若干要素·····	414
三、晶体质量评价·····	416
四、溶液晶析装置·····	421
五、基于结晶原理的冷冻浓缩技术及其在中药分离中的应用·····	423
第五节 固液吸附——液固相平衡分离技术之三·····	427
一、吸附作用与吸附分离材料的分类·····	427
二、活性炭吸附技术在中药注射液等方面的应用·····	429
三、 Al_2O_3 吸附提纯中药活性成分的研究·····	431
四、聚酰胺吸附分离中药提取物中鞣质的工艺研究·····	433
五、胶原纤维吸附剂选择性脱除中药提取物中单宁的研究·····	435
第八章 中药固体提取强化技术·····	451
第一节 基于组织结构细微粉碎原理的中药固体提取强化技术·····	451
一、植物组织破碎提取法及闪式提取器的创制与实践·····	451
二、湿法超微粉碎提取技术·····	456
第二节 微波协助萃取——中药提取强化技术之二·····	461
一、微波技术及其强化中药提取过程的作用原理与技术特点·····	461
二、微波协助萃取技术的工艺流程与实验设备·····	469
三、微波协助萃取技术的主要工艺参数·····	473
四、微波协助萃取技术在中药提取工艺中的应用·····	475
第三节 超声波协助提取——中药提取强化技术之三·····	478
一、超声波技术及其强化中药提取过程的作用原理与技术特点·····	478
二、超声波提取技术的工艺流程与实验设备·····	481
三、超声波提取技术的主要工艺参数·····	481
四、超声波技术在中药提取工艺中的应用·····	485
第四节 其他中药固体提取强化新技术·····	487
一、加压溶剂提取技术·····	487
二、空气爆破法·····	492
三、液泛法提取强化技术·····	494
四、加压膨化技术·····	496
第九章 基于吸附/筛分原理的大孔吸附树脂精制技术及其在中药领域的应用·····	501
第一节 大孔吸附树脂基本理论概述·····	501

一、大孔吸附树脂分类·····	501
二、大孔吸附树脂的形态结构、表征参数及产品标准状况·····	502
三、国内外常见大孔吸附树脂产品简介·····	503
四、大孔吸附树脂分离技术的基本工艺流程与吸附分离方式·····	505
五、大孔吸附树脂分离技术的吸附动力学特征·····	508
第二节 大孔吸附树脂的分离原理——吸附性与筛分性相结合·····	516
一、吸附性原理·····	516
二、筛分性原理·····	517
三、分离工艺过程对大孔吸附树脂微观形态的影响·····	517
四、常见中药成分的大孔吸附树脂精制机制·····	527
第三节 基于大孔吸附树脂分离机制的工艺操作参数优选·····	536
一、关于工艺设计的一般考虑·····	536
二、基于大孔吸附树脂分离机制的吸附、洗脱工艺参数优选·····	538
三、大孔吸附树脂分离技术的在线检测研究·····	544
第四节 中药复方体系中的竞争吸附·····	548
一、大孔吸附树脂对有机物的选择性吸附能力·····	548
二、大孔树脂纯化技术对复方各成分保留率的影响·····	548
三、能否用同一种树脂纯化中药复方混煎液·····	549
四、“等效性”问题的提出·····	549
五、基于知识发现的“树脂组合”技术及其精制黄连解毒汤的探索性研究·····	550
第五节 大孔吸附树脂技术在中药领域的应用·····	551
一、大孔吸附树脂在中药及植物提取物制备中的应用·····	551
二、大孔吸附树脂在中药新药研究中的应用·····	551
三、大孔吸附树脂在中药分离领域其他方面的应用·····	554
第十章 液液相平衡分离技术及其在中药分离中的应用·····	563
第一节 液液相平衡分离技术·····	563
一、液液相平衡原理·····	563
二、液液萃取技术·····	565
三、萃取与工业色谱相结合批量制备中药活性成分的研究·····	576
第二节 高速逆流色谱及其在中药活性成分分离中的应用·····	580
一、高速逆流色谱技术简介·····	580
二、高速逆流色谱技术分离中药活性成分的研究·····	581
第三节 双水相萃取技术·····	586
一、双水相萃取技术原理·····	587
二、影响双水相萃取的因素·····	591
三、双水相萃取的工艺设计与基本流程·····	596
四、双水相萃取技术优点·····	598
五、双水相萃取技术在中药及相关领域中的应用·····	600
六、双水相萃取技术的最新发展趋势及存在问题·····	607

第十一章 气液相平衡分离技术及其在中药分离中的应用	612
第一节 气液相平衡分离原理	612
第二节 蒸发原理与技术	613
一、蒸发过程的气液相平衡原理	613
二、蒸发过程分类	613
三、蒸发装置	614
四、瞬间干燥——基于快速蒸发原理的喷雾干燥技术	616
五、基于蒸发原理的其他干燥技术	618
第三节 基于蒸发原理的中药浓缩工艺探讨	622
一、蒸发过程的理论分析	622
二、关于中药煎液浓缩工艺的若干讨论	623
三、蒸发浓缩设备种类及性能	627
第四节 蒸馏原理与技术及其在中药中的应用	633
一、蒸馏原理、蒸馏技术分类及其特征	633
二、分子蒸馏技术	641
三、水扩散蒸馏技术	647
四、多级蒸馏技术	648
第五节 泡沫分离技术及其在中药中的应用	651
一、泡沫分离技术的原理与特点	652
二、泡沫分离技术的设备与操作方式	653
三、泡沫分离技术的影响因素	655
第十二章 气固相平衡分离技术及其在中药分离中的应用	663
第一节 利用气固相平衡关系的吸附分离技术	663
一、气固吸附平衡	663
二、吸附过程与“穿透时间”	664
三、气固吸附分离系统	665
四、气固相平衡吸附分离技术的应用	666
第二节 固相微萃取技术及其在天然产物分析中的应用	668
一、固相微萃取原理与技术	668
二、固相微萃取操作条件的选择	669
三、固相微萃取技术在天然产物分析中的应用	669
四、固相微萃取技术展望	670
第三节 基于升华原理的冷冻干燥技术	671
一、冷冻干燥技术的基本原理与流程	671
二、冷冻曲线的设计参数与冷冻曲线的绘制	678
三、冷冻干燥速度	680
四、中药复方粉针剂冻干工艺优选中的若干问题	680
五、冻干技术在中药领域中的应用	683
第十三章 超临界流体萃取原理与技术及其在中药领域的应用	688

第一节 超临界流体萃取原理·····	688
一、超临界流体及其特性·····	688
二、超临界 CO ₂ 流体的 PVT 特性 ·····	688
第二节 超临界二氧化碳萃取技术对中药成分的适用性·····	691
一、超临界二氧化碳流体对中药成分的溶解性能·····	691
二、提高大分子、强极性中药成分溶解性能的方法·····	694
三、中药成分间的增溶作用·····	698
四、如何评价超临界流体萃取与水蒸气蒸馏提取挥发油的效果·····	700
第三节 超临界二氧化碳流体萃取工艺流程及装置·····	703
一、超临界二氧化碳流体萃取基本过程及主要装置·····	703
二、固、液相物料的超临界二氧化碳流体萃取流程·····	710
三、超临界二氧化碳流体萃取工艺参数设计·····	713
第四节 超临界流体萃取技术在中药研究与开发中的应用·····	728
一、萜类与挥发油的提取·····	728
二、生物碱的提取·····	732
三、香豆素和木脂素的提取·····	733
四、黄酮类化合物的提取·····	733
五、醌及其衍生物的提取·····	734
六、糖及苷类的提取·····	734
七、其他化合物的提取·····	735
八、灵芝中微量元素的富集·····	737
九、银杏酸的脱除·····	738
十、鹿茸中雌二醇、孕酮的萃取 ·····	738
第十四章 反应分离原理及其在中药分离中的应用·····	743
第一节 反应分离的概念与反应分离原理·····	743
一、反应分离的概念与反应分离方法分类·····	743
二、反应得以进行的条件与反应平衡·····	744
第二节 利用反应体的可逆反应分离技术·····	745
一、可逆反应分离原理·····	745
二、化学萃取·····	747
三、离子交换色谱·····	754
第三节 酶解反应分离技术——生物反应分离技术之一·····	766
一、酶解反应分离技术·····	766
二、酶工程技术在中药分离中的应用·····	772
第四节 免疫亲和反应色谱分离技术——生物反应分离技术之二·····	785
一、免疫亲和色谱技术原理与特点·····	785
二、免疫亲和色谱技术要点·····	785
三、免疫亲和色谱技术的应用模式·····	787
第五节 利用微生物与动物进行的分离技术——生物反应分离技术之三·····	791

一、利用微生物进行的分离·····	791
二、利用动物进行的分离·····	799
第十五章 中药分离过程的耦合与集成 ·····	804
第一节 耦合(集成)技术概述·····	804
一、过程耦合(集成)及其优点·····	804
二、常见的中药分离耦合技术·····	805
第二节 膜耦合(集成)技术·····	805
一、膜分离与反应的耦合·····	806
二、膜分离与其他分离方法的耦合·····	807
第三节 超临界流体耦合技术·····	816
一、超临界流体技术与膜过程耦合·····	816
二、超临界萃取和精馏技术联用·····	817
三、超临界萃取与溶剂萃取联用·····	819
四、超临界萃取与分子蒸馏技术联用·····	819
第四节 结晶耦合技术·····	821
一、减压精馏-熔融结晶耦合技术·····	821
二、螯形包结-结晶耦合技术·····	821
三、超临界流体萃取-结晶耦合技术·····	822
四、结晶耦合技术的新动态·····	825
第五节 其他类型的耦合、联用技术·····	826
一、聚酰胺-大孔树脂联用技术·····	826
二、喷雾冷冻与干燥技术的联用与耦合·····	830
三、分子印迹技术与分离膜及固相萃取法的耦合·····	833
第十六章 计算机化学在中药分离工程中的应用 ·····	844
第一节 计算机化学及其对中药分离技术领域的适用性·····	844
一、计算机化学原理及其技术方法·····	844
二、关于复杂系统理论和方法应用于中医药研究领域的思考·····	853
三、国内外医药领域计算机化学研究现状·····	855
第二节 中药药效物质研究的计算机化学模式·····	856
一、基于数学模型表述的中药有效组分筛选模式·····	856
二、基于神经网络的中药组效关系建模方法·····	860
第三节 计算机化学在中药分离技术领域的应用·····	863
一、基于计算机化学技术的中药陶瓷膜污染机制研究思路与方法·····	863
二、基于近红外光谱与化学计量学技术的中药提取过程在线终点判断方法·····	868
三、基于近红外光谱与化学计量学技术的中药浓缩过程在线检测方法·····	872
四、基于文献数据库的中药特征与免疫效应关系数学模型·····	879
五、中药挥发性组分的化学结构表征及其保留时间的估计和预测·····	882

第一章

现代分离科学与中药分离原理 构成要素概述

第一节 现代分离科学的特点

一、分离科学与现代分离科学

分离科学是以“分离、浓集和纯化物质”作为宗旨的一门学科^[1],它是人类剖析认识自然、充分利用自然、深层开发自然的重要手段;也是科技工作者获取真实和准确的分析鉴定信息的前提条件和技术保证。

近年来,由于精细化工、生命科学和材料科学等新兴学科的发展,加之计算机和现代分离手段的广泛应用,促使分离科学的基础理论日臻完善,技术水平不断提高,使其逐渐发展成为一门相对独立的学科。

随着现代工业的发展和科学技术的不断进步,人们对分离技术提出了越来越高的要求,促进了分离理论及新技术的研究,逐步掌握了分离理论及技术的规律,建立了接近于实际情况的数学模型,使各种新的现代分离技术不断涌现,形成了崭新的现代分离科学。

为了回顾分离科学发展的轨迹,展望现代分离科学的发展趋势,2000年英国科学出版社邀请全球500多位不同领域的分离科技专家编写出版了《分离科学百科全书》,全书共10册,堪称分离科学巨著。紧接着,美国于2002年出版了《分离科学一百年》。为了顺应国际分离科学技术的发展潮流,我国也编撰了《现代分离科学与技术丛书》,并于近年开始陆续推出第一批10个分册,其内容包括溶剂萃取、超临界流体萃取、膜分离、离心分离、结晶与沉淀、超声提取分离、模拟移动床色谱技术等。这部丛书以及近年问世的大量分离科技相关著作,反映了现代分离科学在我国的发展方向、技术特点与产业需求,展现了我国在天然产物、生物医药、化工材料等优势领域所取得的重要成果,必将对我国分离科技领域的进一步拓展起着重要的作用。

二、现代分离科学的特点

1. 引进以信息技术为代表的高新技术 高新技术和分离技术的联系变得越来越紧密,激光、计算机、微生物及电子技术等被引进分离过程,是现代分离科学的重要标志之一。特别是信息技术带动了分离技术的迅猛发展,对分离科学新研究领域的开拓具有深